

OPTIMASI TEKNIS PENGANGKUTAN SAMPAH SISTEM KONTAINER TETAP DI KOTA BITUNG

Oktovanus Tonny Supit¹⁾, IDAA Warmadewanthi¹⁾,
Ellina S. Pandebesie¹⁾

*Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia¹
otsupit@gmail.com*

ABSTRAK

Jumlah timbulan sampah di Kota Bitung saat ini sebesar 677,71 m³ per hari, terangkut ke TPA sebesar 327,63 m³ per hari, tingkat pelayanan sampah saat ini sebesar 48,34 %. Tingkat pelayanan sampah saat ini masih jauh di bawah target MDG's. Untuk meningkatkan pelayanan dalam memenuhi target MDG's diperlukan optimasi teknis pengangkutan sampah sistem kontainer tetap di Kota Bitung. Penelitian ini bertujuan untuk optimasi teknis pengangkutan sampah sistem kontainer tetap di Kota Bitung. Penelitian dilakukan dengan metode observasi lapangan terhadap kendaraan *dump truck* yang berjumlah 14 buah. Dalam observasi lapangan, yang diamati adalah waktu untuk mengambil, mengangkut dan waktu untuk membongkar sampah, jarak dan waktu tempuh menuju ke TPA, dari pool ke TPS pertama, dan dari TPA ke pool, serta untuk mengetahui waktu *off route*.

Dari hasil analisis diperoleh bahwa jumlah ritasi kendaraan *dump truck* masih dapat ditingkatkan. Peningkatan ritasi dari rata-rata 2,86 rit per hari menjadi rata-rata 3,11 rit per hari, serta waktu kerja yang rata-rata 8,60 jam per hari menjadi rata-rata 7,74 jam per hari. Dengan optimasi waktu kerja dan peningkatan ritasi dapat meningkatkan jumlah sampah terangkut ke TPA menjadi 435 m³ per hari, sehingga tingkat pelayanan meningkat menjadi 64,19 %.

Kata kunci : Pengangkutan Sampah, Pengangkutan sampah sistem SCS, Kota Bitung.

1. Pendahuluan

Kota Bitung terletak pada Provinsi Sulawesi Utara yang juga merupakan kota kawasan pelabuhan untuk perjalanan domestik dan pelabuhan kontainer. Kota Bitung terus mengalami perkembangan dan pertumbuhan yang pesat baik perekonomian maupun penduduk. Pertumbuhan penduduk di Kota Bitung terus meningkat setiap tahunnya, pada tahun 2010 berjumlah 187.652 jiwa, dan pada tahun 2014 penduduk Kota Bitung berjumlah 246.440 jiwa (Dinas Kependudukan dan Capil Kota Bitung, 2014). Jika diasumsikan timbulan sampah per orang adalah 2,75 liter (Direktorat Pengembangan PLP, 2013), maka timbulan sampah di Kota Bitung sebesar 677,71 m³/hari, jumlah timbulan sampah terangkut ke TPA sebesar 327,63 m³/hari, dengan demikian tingkat pelayanan sampah di Kota Bitung saat ini sebesar 48,34 %.

Adapun target Millenium Development Goal's (MDG's) pada tahun 2015 untuk bidang sampah adalah tingkat pelayanan sebesar 75%. Tingkat pelayanan saat ini masih jauh dari target MDG's. Tingkat pelayanan saat ini masih jauh di bawah target MDG'S. Untuk meningkatkan pelayanan diperlukan optimasi teknis pengangkutan sampah sistem kontainer tetap di Kota Bitung. Optimasi waktu dan efisiensi rute dilakukan supaya dapat mengoptimalkan rute yang ada (Zsigraiova *et al.*, 2009). Selain itu juga dengan melakukan efisiensi dapat mengurangi beban dari kendaraan pengangkut sampah agar terjadi keseimbangan dan dapat menjadi lebih ekonomis (Alagoz dan Kocasoy, 2008).

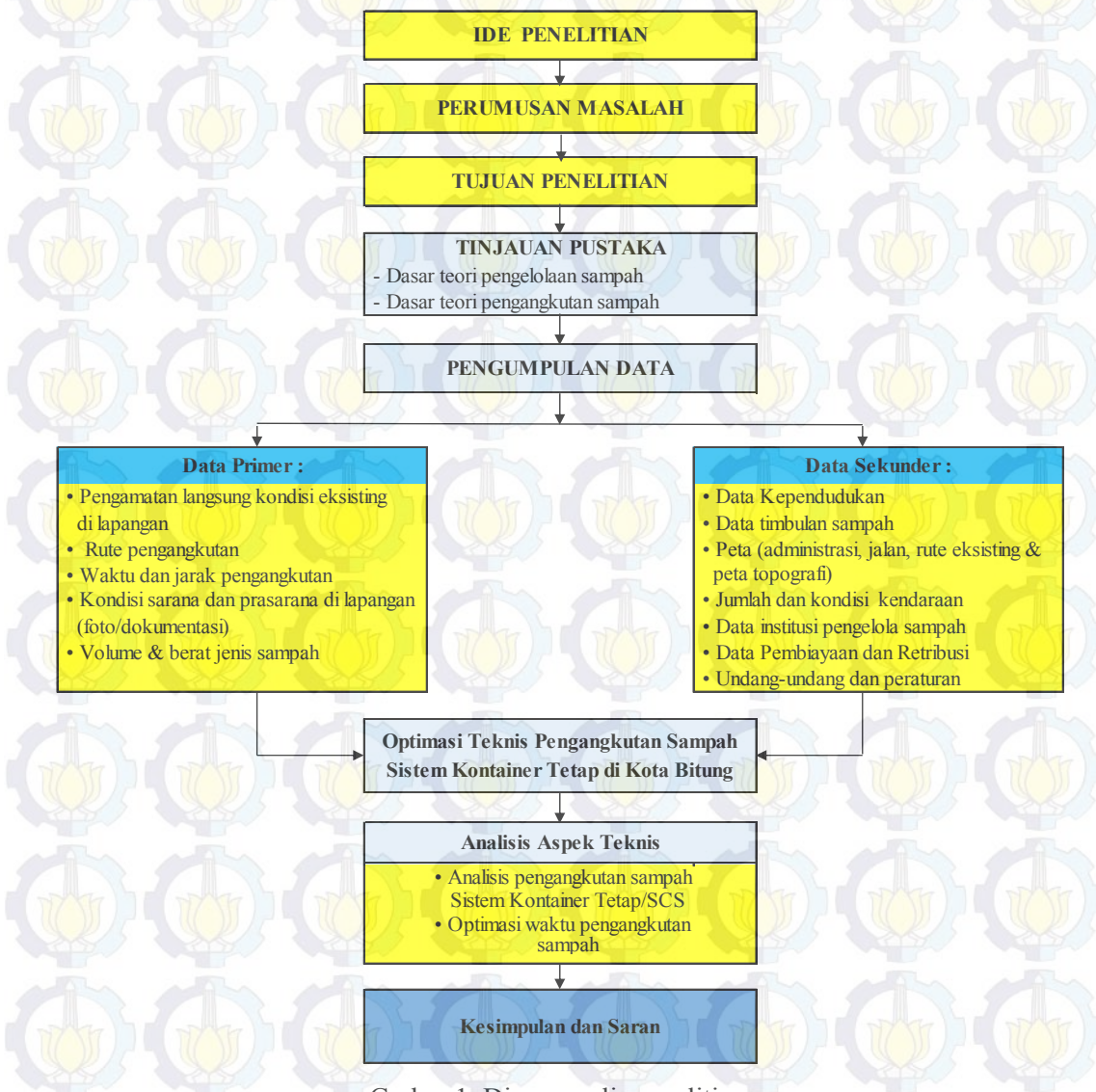
2. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah merupakan sebuah penggambaran mengenai penelitian yang dilakukan melalui pendekatan secara deskriptif. Adapun tujuan yang dimaksud adalah untuk memberikan gambaran yang tepat mengenai sifat-sifat suatu keadaan, gejala maupun kelompok tertentu yang diteliti di lapangan (Koentjaraningrat, 2006). Gambaran dalam penelitian ini yaitu mencakup kondisi pelayanan pengangkutan sampah dengan sistem kontainer angkat (*Stationary Container System=SCS*).

Adapun pentahapan penelitian ini secara garis besar adalah :

1. Ide Penelitian, merumuskan latar belakang.
2. Melakukan identifikasi permasalahan yang ada mengenai pengangkutan sampah di Kota Bitung.
3. Merumuskan tujuan dari penelitian
4. Melakukan kajian pustaka.
5. Menetapkan metode penelitian yang akan dilaksanakan.
6. Melakukan pengumpulan data primer.
7. Melakukan pencarian data-data sekunder.
8. Melakukan wawancara kepada pihak-pihak terkait.
9. Melakukan analisis data yang telah terkumpul.
10. Kesimpulan

Adapun diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gmbar 1. Diagram alir penelitian

3. Analisis dan Pembahasan

Penduduk dan Area Pelayanan

Penduduk Kota Bitung Tahun 2014 berjumlah 246.440 jiwa yang terdiri dari 126.852 laki-laki dan 119.588 perempuan. Area pelayanan pengangkutan sampah pada 7 kecamatan. Penduduk dan area pelayanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penduduk Tahun 2014 dan Area Pelayanan Sampah Kota Bitung

No	Nama Kecamatan	Luas (Ha)	Penduduk (jiwa)			Kepadatan penduduk (jiwa/ha)	Keterangan
			Laki-Laki	Perempuan	Jumlah		
1	Madidir	3.045,00	20.930	20.379	41.309	1.357	Dilayani
2	Matuari	3.610,00	19.689	18.483	38.172	1.057	Dilayani
3	Girian	516,60	19.653	18.848	38.501	7.453	Dilayani
4	Aertembaga	2.610,60	18.462	17.053	35.515	1.360	Dilayani
5	Maesa	965,40	25.086	23.486	48.572	5.031	Dilayani
6	Ranowulu	17.117,00	11.226	10.502	21.728	127	Dilayani
7	Lembah Selatan	2.353,00	6.378	5.734	12.112	515	Tidak dilayani
8	Lembah Utara	3.061,50	5.428	5.103	10.531	344	Tidak dilayani
	Jumlah	33.279,10	126.852	119.588	246.440	741	

Sumber : Dinas Kependudukan dan Capil Kota Bitung, 2014

Sistem Kontainer Tetap (*Stationary Container System* = SCS)

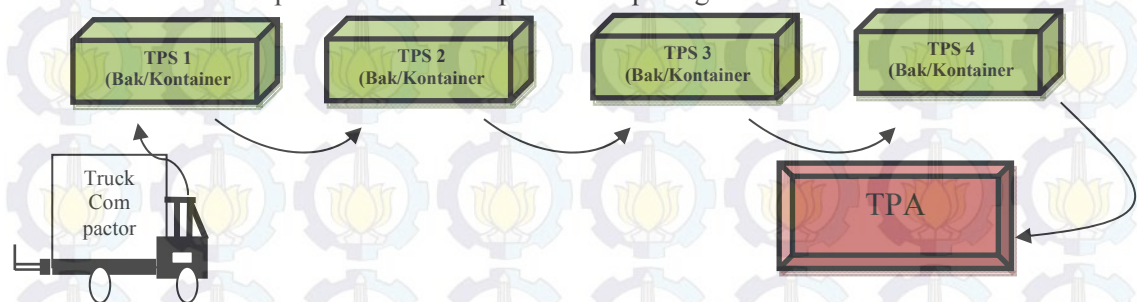
Pola pengangkutan dengan sistem kontainer tetap (SCS) berupa truck pemadat atau *dump truck* atau truk biasa. Sistem kontainer tetap merupakan sistem pengangkutan sampah dimana kontainer yang digunakan sebagai wadah sampah bersifat permanen, yaitu tidak berpindah lokasi kecuali di saat *unloading*.

Sistem Kontainer Tetap secara manual

Pola pengangkutan sampah dengan Sistem Kontainer Tetap secara manual, yaitu:

- Kendaraan pengangkut sampah yang berasal dari poll menuju ke TPS pertama, kemudian sampah dimuat ke dalam truk kompaktor atau truk biasa.
- Selanjutnya kendaraan pengangkut sampah menuju ke TPS berikutnya sampai truk penuh untuk kemudian menuju ke TPA.
- Demikian seterusnya sampai pada ritasi yang terakhir.

Sistem Kontainer Tetap secara manual dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem kontainer tetap secara manual (Direktorat PPLP, 2012)

Waktu dan jumlah ritasi yang dapat dilakukan oleh kendaraan pengangkut sampah per hari pada Sistem Kontainer Tetap (*Stationary Container System*) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Tchobanoglous *et al.*, 1993) :

Waktu pengangkutan dari lokasi pertama sampai lokasi terakhir per trip dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_{scs} = P_{scs} + s + a + b \times \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana :

P_{scs} = Waktu yang diperlukan untuk memuat sampah dari lokasi pertama sampai lokasi terakhir (jam/trip)

S = Waktu terpakai dilokasi untuk menunggu dan membongkar sampah di TPA

a, b = Konstanta, bersifat empiris, a (jam/trip) dan b (jam/trip)

x = Jarak rata-rata TPA ke TPS, km/trip

dengan :

$$P_{scs} = C_t \cdot u_c + (n_p - 1) \cdot d_{bc} \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana :

C_t = jumlah kontainer dikosongkan per trip, kontainer/trip

U_c = waktu rata-rata mengosongkan kontainer, jam/kontainer

n_p = jumlah lokasi kintainer per trip

d_{bc} = waktu rata-rata antar lokasi kontainer, jam/lokasi

dengan :

$$C_t = v \cdot r / c \cdot f \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana :

V = Volume alat angkut, m^3 /trip

r = Ratio pemadatan

c = Volume kontainer, m^3 /kontainer

f = Faktor penggunaan berat kontainer

Jumlah trip per hari dapat dihitung dengan rumus :

$$N_d = V_d / v \cdot r \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana :

N_d = Jumlah trip per hari

V_d = Jumlah sampah per hari

Dari jumlah trip per hari, maka waktu sebenarnya yang dibutuhkan :

$$H = [(t_1 + t_2) + N_d \cdot T_{scs}] / (1 - W) \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana :

H = Waktu kerja per hari, jam/hari

t_1 = Waktu dari garasi ke lokasi pertama, jam

t_2 = Waktu dari lokasi terakhir ke garasi, jam

Densitas Sampah, dan Jumlah sampah terangkut ke TPA

Pengukuran Densitas sampah dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 03-3242-1994. Kegiatan pengukuran densitas sampah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan Pengukuran Densitas Sampah

Rata-rata Densitas sampah Truck berdasarkan perhitungan adalah 250,42 kg/m³. Jumlah sampah terangkut ke TPA sebesar 327,63 m³. per hari dari total timbunan sampah 677,71 m³. per hari sehingga tingkat pelayanan sampah di Kota Bitung saat ini adalah 48,34 %.

Analisis Pengangkutan Sampah Sistem SCS (Stationary Container System)

Analisis dilakukan untuk mengetahui waktu dan jarak tempuh yang dimulai dari *pool* ke lokasi pertama pengambilan sampah, jarak dan waktu memuat sampah, jarak dan waktu antar TPS, jarak dan waktu perjalanan ke TPA, waktu pembongkaran sampah di TPA serta perjalanan kendaraan dari TPA kembali ke TPS berikutnya maupun perjalanan kembali ke *pool*.

Komponen (a+b.x) menggambarkan hubungan antara waktu tempuh dan jarak kendaraan dari TPS ke TPA atau *haul time constant* (h). Menurut Tchobanoglous *et al* (1993) hubungan jarak dan waktu tempuh tersebut digunakan untuk menentukan waktu tempuh kendaraan pengangkut sampah terhadap jarak pengangkutan setiap ritasi. Contoh perhitungan *hauling time* (h) adalah :

$$h = a + b.x$$

$$h = 0 + (0.1615 \times 7,07)$$

$$h = 1,14 \text{ jam/trip}$$

Berdasarkan contoh perhitungan maka dapat dilihat *Hauling time* per unit kendaraan pengangkut sampah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Pengangkutan per Trip kendaraan *dump truck* /*hauling time* (h)

Kendaraan	a	b	x (km)	h (jam/trip)
Kendaraan 1	0E+00	0.1615	7.07	1.14
Kendaraan 2	0E+00	0.1664	6.28	1.05
Kendaraan 3	7E-16	0.1313	9.51	1.25
Kendaraan 4	3E-15	0.2117	10.42	2.21
Kendaraan 5	2E-15	0.0867	10.03	0.87
Kendaraan 6	0E+00	0.1913	6.95	1.33
Kendaraan 7	0E+00	0.0716	22.81	1.63
Kendaraan 8	6E-16	0.1079	7.58	0.82
Kendaraan 9	0E+00	0.0763	17.22	1.31
Kendaraan 10	2E-15	0.1442	13.83	1.99
Kendaraan 11	0E+00	0.0786	22.41	1.76
Kendaraan 12	0E+00	0.1213	41.12	4.99
Kendaraan 13	0E+00	0.113	11.43	1.29
Kendaraan 14	0E+00	0.0724	21.82	1.58
Rata-rata				1.66

Tabel 2. menunjukkan bahwa *hauling time* setiap trip kendaraan *dump truck* bervariasi berkisar antara 0,82 – 4,99 jam/trip.

Nilai dari *hauling time* (h) tersebut di atas (Tabel 4) akan digunakan untuk menghitung waktu pengangkutan setiap trip kendaraan pengangkut sampah, yang adalah hasil penjumlahan antara P_{scs} , *hauling time* dan waktu di TPA.

Contoh perhitungan T_{scs} untuk Kendaraan 1 yaitu :

$$T_{scs} = P_{scs} + s + a + b \times \text{dengan } h = a + b \times$$

$$T_{scs} = 0,42 + 0,08 + 1,14$$

$$T_{scs} = 1,64 \text{ jam/trip}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan tersebut, maka waktu pengangkutan sampah setiap satu trip kendaraan *dump truck* (T_{scs}) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu pengangkutan sampah setiap satu trip kendaraan *dump truck* (T_{scs})

No.	Kendaraan	Pick Up Time (Pscs) Jam/trip	In site time (s) (Jam/Trip)	Hauling Time (h) (Jam/trip)	Waktu Total (Tscs) (Jam/trip)
1	Kendaraan 1	0.42	0.08	1.14	1.64
2	Kendaraan 2	0.68	0.06	1.05	1.78
3	Kendaraan 3	1.15	0.05	1.25	2.45
4	Kendaraan 4	0.19	0.05	2.21	2.45
5	Kendaraan 5	1.03	0.05	0.87	1.95
6	Kendaraan 6	1.00	0.09	1.33	2.41
7	Kendaraan 7	1.76	0.09	1.63	3.48
8	Kendaraan 8	1.23	0.10	0.82	2.15
9	Kendaraan 9	0.88	0.05	1.31	2.24
10	Kendaraan 10	0.79	0.07	1.99	2.86
11	Kendaraan 11	1.57	0.10	1.76	3.43
12	Kendaraan 12	0.73	0.08	4.99	5.80
13	Kendaraan 13	0.69	0.09	1.29	2.06
14	Kendaraan 14	1.95	0.10	1.58	3.62

Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan setiap satu trip adalah antara 1,64 – 5,80 jam/trip. Rata-rata kendaraan melakukan ritasi sebanyak 3 (tiga) trip per hari. Terdapat 1 (satu) unit *dump truck* yang melakukan pengangkutan sebanyak 2 trip per hari yaitu kendaraan 12, hal ini disebabkan jarak dari lokasi TPA ke TPS yang jauh.

Sistem Pengangkutan sampah juga sangat dipengaruhi oleh waktu yang tidak efisien sebagai akibat dari terdapatnya beberapa petugas yang tidak disiplin dalam menjalankan tugasnya. Tindakan kurang disiplin tersebut antara lain menjual barang bekas, menunggu petugas (anak buah kendaraan/ABK).

Waktu kerja yang ditetapkan adalah 8 (delapan) jam per hari.

Rata-rata waktu *of route factor* diperoleh dengan perhitungan : $W = 0,212 / 8 \text{ jam} = 0,026 \text{ jam}$.

Rata-rata waktu *off route factor* yaitu 0,026 sehingga nilai W dengan delapan jam kerja per hari adalah 0,026. Nilai *off route factor* (W) tersebut masih berada pada range wajar yaitu $< 0,15$ (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Optimasi Waktu Kerja

Berdasarkan hasil evaluasi waktu kerja dari kendaraan *dump truck* diketahui bahwa waktu kerja kendaraan yang satu dengan kendaraan lainnya belum tertata secara merata. Hal ini dapat mengganggu kinerja para sopir dan petugas didalam melaksanakan tugasnya, sehingga diperlukan penataan kembali waktu kerja dari masing-masing kendaraan sehingga beban kerja tiap kendaraan dapat merata. Contoh perhitungan waktu kerja kendaraan *dump truck* eksisting, yaitu :

$$\begin{aligned}
 H &= [(t_1 + t_2) + N_d \cdot T_{scs}] / (1 - W) \\
 H &= ((0,088 + 0,503) + (3 \times 1,642)) / (1 - 0,026) \\
 &= ((0,590 + 3) / (1 - 0,026)) \\
 &= 5,67 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan tersebut maka diperoleh waktu kerja kendaraan *dump truck* eksisting sebagaimana Tabel 4. Waktu kerja *dump truck* eksisting dan hasil optimasi.

Tabel 4. Waktu Kerja *Dump truck* eksisting dan Hasil Optimasi

No.	Kendaraan	KONDISI EKSISTING				HASIL OPTIMASI			
		total t1 & t2 (jam/trip)	Tscs (Trip/hari)	Nd (Trip/hari)	H (jam/hari)	total t1 & t2 (jam/trip)	Tscs (Trip/hari)	Nd (Trip/hari)	H (jam/hari)
1	Kendaraan 1	0.590	1.642	3	5.67	0.590	2.319	4	7.75
2	Kendaraan 2	0.666	1.785	3	6.18	0.666	1.752	4	7.88
3	Kendaraan 3	0.571	2.448	3	8.13	0.571	2.335	3	7.78
4	Kendaraan 4	0.577	2.448	3	8.14	0.577	2.337	3	7.79
5	Kendaraan 5	0.871	1.952	3	6.91	0.871	2.193	3	7.65
6	Kendaraan 6	0.352	2.413	2	5.32	0.352	2.410	3	7.79
7	Kendaraan 7	0.438	3.477	3	11.16	0.438	2.297	3	7.53
8	Kendaraan 8	0.585	2.151	3	7.23	0.652	2.237	3	7.56
9	Kendaraan 9	0.354	2.238	3	7.26	0.354	2.462	3	7.95
10	Kendaraan 10	1.788	2.859	3	10.64	1.454	2.100	3	7.97
11	Kendaraan 11	0.754	3.427	3	11.33	0.469	2.365	3	7.77
12	Kendaraan 12	2.037	5.798	2	14.00	2.037	2.833	2	7.91
13	Kendaraan 13	0.586	2.065	3	6.96	0.586	2.135	3	7.18
14	Kendaraan 14	0.339	3.623	3	11.51	0.339	2.423	3	7.81
Rata-rata				2,86	8,60			3,11	7,74

Tabel 5. Jumlah ritasi per hari (Nd) Kendaraan *Dup truck*

No.	Kendaraan	Trip/Rit per hari	W	t1 (jam/trip)	t2 (jam/trip)	total t2 (jam/trip)	Tscs (jam/trip)	H(1-W)	Nd (Trip/hari)
1	Kendaraan 1	3	0.026	0.088	0.503	0.590	2.319	7.788	4
2	Kendaraan 2	3	0.026	0.411	0.256	0.666	1.752	7.788	4
3	Kendaraan 3	3	0.026	0.052	0.519	0.571	2.335	7.788	3
4	Kendaraan 4	3	0.026	0.242	0.335	0.577	2.337	7.788	3
5	Kendaraan 5	3	0.026	0.202	0.669	0.871	2.193	7.788	3
6	Kendaraan 6	2	0.026	0.068	0.284	0.352	2.410	7.788	3
7	Kendaraan 7	3	0.026	0.185	0.253	0.438	2.297	7.788	3
8	Kendaraan 8	3	0.026	0.318	0.334	0.652	2.237	7.788	3
9	Kendaraan 9	3	0.026	0.169	0.186	0.354	2.462	7.788	3
10	Kendaraan 10	3	0.026	1.135	0.320	1.454	2.100	7.788	3
11	Kendaraan 11	3	0.026	0.268	0.202	0.469	2.365	7.788	3
12	Kendaraan 12	2	0.026	1.335	0.702	2.037	2.833	7.788	2
13	Kendaraan 13	3	0.026	0.117	0.469	0.586	2.135	7.788	3
14	Kendaraan 14	3	0.026	0.053	0.286	0.339	2.423	7.788	3

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas, diketahui bahwa kendaraan 2 ritasinya masih dapat ditingkatkan dari 3 rit menjadi 4 rit per hari, kendaraan 6 dari 2 rit per hari ditingkatkan menjadi 3 rit per hari. Optimasi waktu kerja dan peningkatan ritasi dapat meningkatkan jumlah sampah terangkut ke TPA menjadi 435 m³/hari atau tingkat pelayanan menjadi 64,19 %.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis pengangkutan sampah Sistem Kontainer Tetap (*Stationary Container System*=SCS) di Kota Bitung, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah ritasi masih dapat dioptimalkan dengan melakukan optimasi waktu kerja.
2. Peningkatan jumlah ritasi dengan optimisasi waktu kerja dapat meningkatkan jumlah sampah terangkut ke TPA, dari 327,63 m³/hari meningkat menjadi 435 m³/hari. Sehingga tingkat pelayanan dari 48,34% menjadi 64,19 %.

Saran untuk pengembangan selanjutnya adalah :

- Sosialisasi kepada masyarakat secara terus menerus mengenai pemilahan sampah dimulai dari sumbernya.
- Sosialisasi kepada masyarakat secara terus menerus mengenai ketentuan jam buang sampah yaitu pada jam 18.00 s/d. 06.00 Wita.

5. Daftar Pustaka

- Alagoz, Z.A., dan Kocasoy, G. (2008), *"Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in Istanbul"*, Waste Management, Vol. 28, No. 8, hal. 1461-1471.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bitung. (2013), *"Kota Bitung Dalam Angka Tahun 2013"*, Badan Pusat Statistik Kota Bitung.
- Dinas Kependudukan dan Capil Kota Bitung. (2014). *"Laporan Data Kependudukan"*, Dinas Kependudukan dan Capil Kota Bitung.
- Dinas Kebersihan Kota Bitung. (2014). *"Data Dinas Kebersihan Kota Bitung"*, Dinas Kebersihan Kota Bitung.
- Direktorat Pengembangan PLP. (2012), *"Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP : Modul Sampah I"*, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Pengembangan PLP. (2013), *"Bahan Ajar Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP: Materi Bidang Sampah"*, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Koentjaraningrat. (2006), *"Metode-Metode Penelitian Masyarakat"*, PT.Gramedia, Jakarta.
- SNI 03-3242-1994. (1994), *"Tata Cara Pengelolaan Sampah Permukiman"*, Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- SNI 19-2454-2002. (2002), *"Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan"*, Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, A.S. (1993), *"Integrated Solid Waste Management"*, Mc.Graw Hill Inc, International Editions, New York.
- Zsigraiova, Z., Tavares, G., Semiao, dan de Grac-a Carvalho, M. (2009), *"Integrated waste to energy conversion and waste transportation within island communities"*, Instituto Superior Te'cnico, Portugal. Vol.34, No.5,2009, Hal.623-635.